

Yorgunluğa kadar yaptırılan gündüz egzersizinin element metabolizması üzerine etkisi*

Ubeyde Gülnar¹, Sadettin Ünsal²¹Batman Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Batman²Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Konya

Öz

Amaç: Bu çalışmanın amacı, yorgunluğa kadar yaptırılan gündüz egzersizinin serumdaki element dağılımını nasıl etkilediğini araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Araştırma, aktif olarak spor yapmayan yaş ortalamaları $23,00 \pm 0,25$ yıl, boy ortalamaları $177,79 \pm 2,25$ cm, vücut ağırlığı ortalamaları ise $70,10 \pm 1,63$ kg olan 10 adet sağlıklı erkek sedanter üzerinde gerçekleştirildi. Deneklerden sabah saat 10.00'da yorgunluk egzersizine tabi tutulmadan önce ön kol venalarından 2,5 ml kan örnekleri alındı. Daha sonra deneklerin tamamında Bruce protokolü uygulanarak yorgunluk oluşturuldu. Egzersizlerin bitiminden hemen sonra deneklerden aynı şekilde ikinci kan örnekleri alındı. Alınan kan örneklerinde serum fosfor, sodyum, potasyum, kükürt (mmol/L); kobalt, bor, kadmiyum, krom, nikel, mangan, molibden, bakır, demir, çinko, ve kalsiyum tayinleri (mg/L) atomik emisyon cihazında (ICP-AES) ölçüldü.

Bulgular: Çalışmada yorgunluğa kadar yapılan gündüz egzersizi serum potasyum, sodyum, fosfor, kükürt, magnezyum, kalsiyum, demir, çinko, mangan ve nikel element düzeylerini önemli şekilde etkilemedi ($P>0,05$).

Sonuç: Çalışmanın sonuçları gündüz yorgunluğa kadar yaptırılan egzersizin element metabolizmasında anlamlı değişikliklere yol açmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Gündüz egzersizi, element metabolizması, yorgunluk

Abstract

Objective: The present study aims to examine how exercise performed until fatigue at daytime affects element distribution in the serum.

Materials and Method: The study examined 10 healthy sedentary males who were not actively engaged in any particular sport and whose mean age was 23.00 ± 0.25 years, mean height 177.79 ± 2.25 cm, and mean weight 70.70 ± 1.63 kg. Blood samples were collected from the subjects at daytime twice: during rest before exercise and after exercise. Serum phosphorus, sodium, potassium, sulfur (mmol/L), cobalt, boron, cadmium, chrome, nickel, manganese, molybdenum, copper, iron, zinc and calcium levels (mg/L) were measured using atomic emission spectroscopy (ICP-AES).

Results: The fatigue exercise that performed at the during the daytime has not affects on serum potassium, sodium, sulfur, magnesium, calcium, iron, zinc, manganese, boron, copper, nickel, selenium, molybdenum, chrome, cobalt, lead and cadmium levels ($P>0.05$).

Conclusion: The results of the study show that exercising up to daytime fatigue does not lead to significant changes in element metabolism.

Key words: Daytime exercise, element metabolism, exhaustion

Genel Tıp Derg 2018;28(3):107-112

Alınan: 03.05.2018 / 11.05.2018 / Yayınlanma: 20.09.2018

Yazışma adresi: Ubeyde Gülnar, Batman Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Batman

E-posta: ubeydegulnar@hotmail.com

Giriş

Vücutta metabolik fonksiyonların normal sınırlar içinde devam edebilmesi için bazı elementlerin kan ve dokulardaki regülasyonunun sağlanması gerekir. Güçlü fiziksel aktivite iskelet kasındaki enerji dönüşüm oranını birkaç artırabilir ve bu artış kandaki elementlerin düzeyini çeşitli şekillerde değiştirebilir (1). Bu elementler içerisinde po-

tasyum, sodyum, fosfor, magnezyum ve kalsiyumun çeşitli kemik elementleri, nukleik asitler, hücre membranları, proteinler ve enzimlerin yapılarına katıldıkları için sporda ve fiziksel aktivite esnasında metabolik denge için oldukça önemli olduğu kabul edilir (1).

Fiziksel egzersizin çeşitli eser elementlerin vücut depoları, kan ve dokular arasında yeniden dağılımına neden olması,

artan metabolizmanın da eksiklikle sonuçlanması; sportif performansla, element metabolizması arasındaki olası ilişkiyi gösterir (2). Bu nedenle de egzersizin bu elementlerin fonksiyonlarını nasıl etkilediğini göstermek oldukça önemlidir (3). Atletlerde iyonize formdaki elementler, kalp ve kas kontraksiyonu, oksidatif fosforilasyon ve enzimatik sistemlerin sentez ve aktivasyonu ile ilgilidir (4). Çinko, bakır ve mangan gibi (bakır-çinko süperoksitdismutaz; mangan süperoksitdismutaz) elementler artmış serbest reaktif O₂ türlerine karşı koruyucu etki oluşturur (1). Glutatyonperoksidazdaki selenyum kardiyovasküler sistem ve kasta koruyucu etki oluşturur (5). Bakır ve demir enerji metabolizmasıyla ilgili olaylara karışır. Hemoglobinin, miyoglobinin ve stromaların sentezinde önemli elementlerdir (4). Sonuç olarak fiziksel aktivite metal kirlenmeye maruz kalan (kurşun, kadmiyum) insanlarda faydalı olabilir. Buna karşın çoğu durumlarda fiziksel aktivite sonrası oluşan metabolik değişikliklere hangi metallerin karıştığı da açık değildir. Bu çalışmanın amacı da, yorgunluğa kadar yaptırılan gündüz egzersizinin serumdaki element dağılımını nasıl etkilediğinin araştırılmasıdır.

Gereç ve Yöntem

Deneklerin Özellikleri

Bu araştırma, aktif olarak bir spor yapmayan 10 adet sağlıklı erkek sedanter üzerinde gerçekleştirildi. Deneklerin yaş ortalamaları 23,00 ± 0,25 yıl, boy ortalamaları 177,70 ± 2,25 cm, vücut ağırlığı ortalamaları ise 70,10 ± 1,63 kg olarak belirlendi. Çalışma protokolü Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu etik kurulu tarafından onaylandı.

Yorgunluk Egzersizi (Bruce Protokolü)

Deneklerde yorgunluk klinik egzersiz testleri arasında en sık kullanılan, % 10'luk eğim ve 2,7 km/saat hızın 3'er dakikalık periyotlarla artırılması şeklinde gerçekleştirilen Bruce Protokolü (Cosmed T150 marka koşu bandı) uygulanarak gerçekleştirildi.

Kan Örneklerinin Alınması

Deneklerden sabah saat 10.00'da yorgunluk egzersizine tabi tutulmadan önce ön kol venalarından 2,5 ml kan örnekleri alındı. Daha sonra deneklerin tamamında Bruce protokolü uygulanarak yorgunluk oluşturuldu. Egzersizlerin bitiminden hemen sonra deneklerden aynı şekilde

ikinci kan örnekleri alındı. Deneklerden alınan kan örnekleri 3000 devirde 10 dakika santrifüj edilerek serumları ayrıştırıldıktan sonra element tayinlerinin yapılacağı zamana kadar -80 C°'de muhafaza edildi.

Serum Element Tayinleri

Deneklerin serum element düzeylerinin belirlenebilmesi için ön kol venlarından alınan kan örnekleri (2,5 ml) santrifüj edilip serumları ayrıştırıldıktan sonra, plastik kapaklı tüpler içerisinde analiz zamanına kadar -80 oC'de muhafaza edildi. Deneklerden elde edilen serum örneklerinde fosfor, sodyum, potasyum, kükürt (mmol/L) kobalt, bor, kadmiyum, krom, nikel, mangan, molibden, bakır, demir, çinko, ve kalsiyum (mg/L) tayinleri atomik emisyon metoduyla gerçekleştirildi.

Element tayinlerinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak bölümünde bulunan "inductively coupled plasma emission spectrophotometry (ICP-AES; Varian Australia Pty LTD, Australia)" atomik emisyon cihazı kullanıldı.

İstatistiksel Değerlendirmeler

Bulguların istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 16.0 bilgisayar paket programı ile yapılarak, bütün parametrelerin aritmetik ortalamaları ve standart hataları hesaplandı. Verilerin normal dağılımı gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla normallik testi yapıldı. Her iki zamanlamadaki ölçüm farklılıklarının tespitinde ise Wilcoxon testi kullanıldı. P<0,05 düzeyindeki farklılıklar anlamlı olarak kabul edildi.

Bulgular

Çalışmada gündüz egzersizinin istirahat ve yorgunluk serum potasyum, sodyum, fosfor, kükürt, magnezyum ve kalsiyum element düzeyleri incelendiğinde, istirahat ölçümlerine göre yorgunluk ölçümlerinde bir artış olmakla birlikte, bu artış istatistiksel açıdan önemli değildi (P>0,05, tablo 1).

Çalışmada gündüz egzersizinin istirahat ve yorgunluk serum demir, çinko, mangan, bakır ve nikel element düzeyleri incelendiğinde, istirahat ölçümlerine göre yorgunluk ölçümlerinde bir artış olmakla birlikte, bu artış istatistiksel açıdan önemli değildi (P>0,05, tablo 2). Bor parametresinin gündüz istirahat ve yorgunluk düzeyleri birbirine benzerdi (P>0,05, tablo 2).

Çalışmada gündüz egzersizinin istirahat ve yorgunluk serum selenyum, molibden, kurşun, krom, element düzeyleri incelendiğinde, istirahat ölçümlerine göre yorgunluk ölçümlerinde bir artış olmakla birlikte, bu artış istatistiki açıdan önemli değildi ($P>0,05$, tablo 3). Kobalt ve kadmiyum parametresinin gündüz istirahat ve yorgunluk düzeyleri de birbirine benzerdi ($P>0,05$, tablo 3).

Tablo 1. Deneklerin serum Potasyum, Sodyum, Fosfor, Kükürt, Magnezyum ve Kalsiyum düzeyleri (mg/L).

Elementler	Gündüz Egzersizi	
	İstirahat	Yorgunluk
Potasyum (mmol/L)	3.30±0.05 ^A	3.30±0.02 ^A
Sodyum (mmol/L)	36.7±5.20 ^A	48.90±5.70 ^A
Fosfor (mmol/L)	17.10±3.15 ^A	21.40±3.80 ^A
Kükürt (mmol/L)	0.87±0.03 ^A	0.94±0.01 ^A
Magnezyum (mg/L)	43,79±1,36 ^A	54,72±6,24 ^A
Kalsiyum (mg/L)	28,32±3.47 ^A	35,61±5,80 ^A

B: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Tablo 2. Deneklerin serum Demir, Çinko, Mangan, Bor, Bakır ve Nikel düzeyleri (mg L/).

Elementler	Gündüz Egzersizi	
	İstirahat	Yorgunluk
Demir (mg/L)	5,03±0,39 ^A	6,08±0,090 ^A
Çinko (mg/L)	1,65±0,195 ^A	1,69±0,076 ^A
Mangan (mg/L)	0,20±0,008 ^A	0,27±0,034 ^A
Bor (mg/L)	0,10±0,005 ^A	0,10±0,014 ^A
Bakır (mg/L)	0,05±0,011 ^A	0,04±0,011 ^A
Nikel (mg/L)	0,03±0,004 ^A	0,04±0,006 ^A

B: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Tablo 3. Deneklerin serum Selenyum, Molibden, Kurşun, Krom, Kobalt ve Kadmiyum düzeyleri (mg/L).

Elementler	Gündüz Egzersizi	
	İstirahat	Yorgunluk
Selenyum (mg/L)	0,09±0,021 ^A	0,14±0,032 ^A
Molibden (mg/L)	0,02±0,003 ^A	0,03±0,007 ^A
Kurşun (mg/L)	0,01±0,006 ^A	0,02±0,006 ^A
Krom (mg/L)	0,01±0,002 ^A	0,02±0,002 ^A
Kobalt (mg/L)	0,01±0,001 ^A	0,01±0,002 ^A
Kadmiyum (mg/L)	0,01±0,001 ^A	0,01±0,003 ^A

B: Aynı satırda farklı harf taşıyan ortalamalar istatistiksel açıdan önemlidir ($P<0,05$).

Yorgunluğa kadar yaptırılan gündüz egzersizinin element metabolizması üzerine etkisi - Gülnar U. ve Ünsal S.

Tartışma ve Sonuç

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada gündüz yorgunluğa kadar yaptırılan egzersiz, egzersiz öncesi değerlerle mukayese edildiğinde potasyum, sodyum, fosfor, kükürt, magnezyum ve kalsiyum seviyelerinde önemli bir değişikliğe yol açmadı. Fosforun fiziksel egzersizde metabolik dengenin devamı, enerji metabolizması ve hücrel solunum gibi olaylarda rolleri vardır (4). Ancak fosfor ve egzersiz ilişkisini konu alan yayınların azlığı da dikkat çekicidir. Zaten çalışmamızda da gündüz egzersizleri fosfor düzeylerinde bir değişikliğe yol açmamıştır. Yüksek ısı ve nemli ortamda yaptırılan uzun koşu egzersizlerinin plazma sodyum ve potasyum düzeylerinde artışa yol açarken, magnezyum düzeylerinde ise önemli baskılanmayla sonuçlandığı rapor edilmiştir (6). Bizim yaptığımız çalışmada ise sodyum ve potasyum sonuçlarında anlamlı bir değişiklik görülemedi, yorgunlukla birlikte magnezyum düzeylerinde artış olmuş fakat bu artış anlamlı bulunmamıştır. Egzersiz kalsiyum ilişkisi dikkate alındığında, çok şiddetli egzersizin kalsiyum kaybını artırabileceğini dikkat çekilmektedir (1). Biz çalışmamızda gündüz egzersizinde anlamlı olmayan artmış serum kalsiyumu elde ettik. Bizim bulgumuz Maughan (1)'in raporuyla paralellik göstermektedir. Ancak sıçanlarda akut yüzme egzersizinin vücut kalsiyumunda artışa yol açabileceği bildirilmiştir (7). Bu rapor ile bizim sonuçlarımız çelişkili bir sonuç olarak kabul edilebilir. Kükürt ve egzersiz ilişkisini konu alan çalışmaların azlığı dikkat çekicidir. Akut yüzme egzersizinin sıçanlarda serum kükürt değerlerinde artışa yol açtığının gösterilmesi (8) bizim gündüz egzersizinde elde ettiğimiz serum kükürt seviyeleriyle çelişkilidir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada gündüz yorgunluğa kadar yaptırılan egzersiz, egzersiz öncesi değerlerle mukayese edildiğinde serumdaki demir, çinko, mangan, bor, bakır ve nikel önemli bir değişikliğe yol açmadı.

Sitokromların O₂ bağlayıcı bir molekülü ve birçok enzimin ko faktörü olan demirin yetmezliği direkt olarak hemoglobin yetmezliğine yol açarak kalp ve kas sistemi üzerinden egzersiz performansında azalmayla sonuçlanır (1). Bu nedenle de fiziksel performans ve demir arasında önemli bir ilişki vardır. Akut yüzme egzersizi yaptırılan sıçanlarda kontrollerine oranla serumda yüksek demir seviyelerinin rapor edilmesi (9), çalışmamızda gündüz egzersizinde elde ettiğimiz yüksek demir seviyeleriyle

uyumludur. Nükleik asit sentezi, protein sentezi, büyüme ve gelişme, antioksidan aktivite, testosteron salgısı ve beyin fonksiyonlarına karışan çinko, vücutta 300'den fazla enzimle ilişkilidir (10). Judo ve eskrim sporu yapan bireylerde yüksek plazma çinko düzeyleri bulunmuştur (11). Yine benzer şekilde 16 karateci ve 23 orta uzun mesafe koşucusundan oluşan bayan sporcuların yüksek serum çinkosuna sahip oldukları gösterilmiştir (12). Her iki çalışmanın sonuçları da gündüz egzersizinde elde ettiğimiz serum çinkosu ile çelişkili görünmektedir. Spor ve fiziksel aktivite ile mangan konsantrasyonu ve değişiklikleri hakkında çok az şey bilinmektedir (4). Ancak egzersiz stresi ve antioksidan durum göz önüne alındığında Superoksit-Dismutaz (SOD)'ın yapısına giren manganın egzersizde önemli olabileceği varsayılabilir. Bu yönüyle de çalışmamızda gündüz egzersizinde elde ettiğimiz serumdaki anlamlı görülmeyen mangan düzeyleri çarpıcı bir sonuç olarak değerlendirilebilir. Bor ile egzersiz ilişkisini konu alan çalışmalar daha çok bu elementin kas gelişimi veya kemik metabolizması üzerindeki etkilerini konu almaktadır (13). Bor elementinin fiziksel performans da önemli olabileceğine dikkat çekilmesine karşın, gerçekleştirdiğimiz çalışmada gündüz egzersizi serum bor düzeylerini etkilemedi. Zaten bor egzersiz ilişkisinde daha sıklıkla bor eksikliği veya uygulamasındaki çalışmalar ön planda yer almaktadır (14,15). Bakır enerji metabolizmasında oldukça önemlidir ve hemoglobin, miyoglobulin, sitokromlar ve bazı peptid hormonların sentezi için önemli bir elementtir (1). Fiziksel aktivite sırasında önemli bir rol oynamasına rağmen bakırın atletlerdeki durumuyla ilgili bulgular farklıdır. Serum plazmanın ve bakır bağlayıcı enzimlerdeki değişiklikler nedeniyle kandaki bakır konsantrasyonu, atletlerde kontrol grubundan yüksek, düşük ve farklı olmayabilir (16). Buz hokeyi yapan erkek sporcularda serum bakır düzeylerinin kontrollerine oranla düşük olduğu gözlenmiştir (17). Fiziksel aktivite sonrası serum bakır düzeylerinde önemli azalmaların meydana geldiği başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (18,19). Gündüz egzersizi sonrası elde ettiğimiz serum bakır konsantrasyonu, yukarıda bulguları verilen araştırmacıların raporlarıyla da çelişki arz eder. Serumdaki nikel düzeyleriyle egzersiz ilişkisini konu alan bir çalışmaya yaptığımız med-line taramalarda rastlayamadık. Ancak nikelin dokularda biriktiğinde hücre hasarına yol açtığı gösterilmiştir (20).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada serumdaki selenyum,

molibden, kurşun, krom, kobalt ve kadmiyum seviyeleri gündüz yorgunluğa kadar yaptırılan egzersizden etkilenmemiştir.

İnsan sağlığı için son derece önemli olan selenyum, tiroit hormon metabolizması, oksidatif strese karşı koruyucu özelliği, bağışıklık işlevleri de dahil çeşitli metabolik süreçler için gereklidir. Selenyumun egzersizden nasıl etkilendiğine dair bilgiler çelişkilidir. (21) akut yüzme egzersizinin serum selenyum düzeylerinde azalmayla sonuçlandığını göstermişlerdir. Vücuttaki selenyum dağılımının egzersiz sırasında değişebileceği (22), ve bu değişimin fiziksel performans üzerinde önemli olabileceğine dikkat çekilmektedir (23). Bizim çalışmamızda selenyumun egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinde anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. İnsan ve hayvanlar için esansiyel bir iz element olan molibdenin fazlalığının bakır emiliminde yetersizliğe yol açtığı bilinmektedir (24). Molibdenin fiziksel aktivitede nasıl etkilendiği konusunda çalışma yok denecek kadar azdır, ancak Bicer ve ark (25)'i akut yüzme egzersizi yaptırılan sıçanlarda molibden değerlerinin fiziksel aktiviteden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da molibden düzeyleri gündüz egzersizinde anlamlı bir değişiklikle sonuçlanmamıştır. Krom metabolizmasının stres sırasında değiştiği bilinmektedir (4). Dayanıklılık antrenmanının böbrekler yoluyla kromun üriner atılımını artırarak, krom metabolizmasını negatif olarak değiştirebileceği öne sürülmektedir (26). Egzersizde krom uygulamasının genç erkek ve bayan sporcularda performans üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı (27,28,29,30), benzer bulguların futbolcularda da elde edildiği rapor edilmiştir (31). Yapılan çalışmalarla bizim krom bulgularımız paralellik göstermektedir. Kobalt'ın performans üzerinde yararlı olduğuna ve/veya fiziksel aktivite sırasında kobalt ihtiyacının arttığına dair bir bilimsel veri yoktur (1). Bizim yaptığımız çalışma sonuçlarına göre egzersiz öncesi ve sonrası kobalt değerleri değişmemiştir. Ancak B12 vitaminin yapısına girmesi nedeniyle insan diyetinde kobaltın biyolojik olarak aktif formda verilmesi ve atletlerde de kobalt takviyesinin kullanılabilirliği önerilmektedir (1,4). Kadmiyum organizmaya akciğerler (endüstriyel atık, sigara), besin, içme suyu gibi yollarla alınır. Bakır, çinko ve kobaltın biyokatalitik etkisini bloklamak suretiyle eritrosit, böbrek ve karaciğerde toksik etkiye yol açar. Bütün bu bilgiler organizmada toksik etki gösteren kurşun içinde geçerlidir (4). Ancak sporcularda kadmiyum ve kurşun

değerleri yoruma açıktır (32).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada sonuç olarak;

1. Gündüz yorgunluğa kadar yaptırılan egzersiz serum potasyum, sodyum, fosfor, kükürt, magnezyum, kalsiyum, demir, çinko, mangan, bor, bakır, nikel, selenyum, molibden, krom, kobalt, kurşun ve kadmiyum düzeyleri üzerinde önemli bir etkiyle sonuçlanmamıştır.

2. Egzersiz ve mineral arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi için farklı zamanlarda süresi ve şiddeti farklı egzersiz protokolü uygulanan çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kaynaklar

1. Maughan RJ. Role of micronutrients in sport and physical activity. *Br Med Bull* 1999; 55(3): 683-90.
2. Bordin D, Sartorelli L, Bonanni G, Mastrogiacomo I, Scalco E. High intensity physical exercise induced effects on plasma levels of copper and zinc. *Biol Trace Elem Res* 1993; 36(2):129-34.
3. König D, Weinstock C, Keul J, Northoff H, Berg A. Zinc, iron, and magnesium status in athletes--influence on the regulation of exercise-induced stress and immune function. *Exerc Immunol Rev* 1998;4:2-21; 1999.
4. Speich M, Pineau A, Ballereau F. Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clin Chim Acta* 2001;312(1-2):1-11.
5. Margaritis I, Tessier F, Prou E, Marconnet P, Marini JF. Effects of endurance training on skeletal muscle oxidative capacities with and without selenium supplementation. *J Trace Elem Med Biol* 1997;11(1):37-43.
6. Singh R, Sirisinghe RG. Haematological and plasma electrolyte changes after long distance running in high heat and humidity. *Singapore Med J* 1999; 40(2):84-7.
7. Sivrikaya A, Bicer M, Akil M, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effects of zinc supplementation on the element distribution in kidney tissue of diabetic rats subjected to acute swimming. *Biol Trace Elem Res* 2012; 147(1-3):195-9.
8. Bicer M, Akil M, Sivrikaya A, Kara E, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effect of zinc supplementation on the distribution of various elements in the serum of diabetic rats subjected to an acute swimming exercise. *J Physiol Biochem* 2011; 67(4):511-7.
9. Baltaci AK, Uzun A, Kilic M, Mogulkoc R. Effects of acute swimming exercise on some elements in rats. *Biol Trace Elem Res* 2009;127(2):148-53.
10. König D, Weinstock C, Keul J, Northoff H, Berg A. Zinc, iron, and magnesium status in athletes--influence on the regulation of exercise-induced stress and immune function. *Exerc Immunol Rev* 1998;4:2-21.
11. Rodríguez Tuya I, Pinilla Gil E, Maynar Mariño M, García-Moncó Carra RM, Sánchez Misiego A. Evaluation of the influence of physical activity on the plasma concentrations of several trace metals. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;73(3-4):299-303.
12. Nuviala RJ, Lapieza MG, Bernal E. Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *Int J Sport Nutr* 1999; 9(3):295-309.
13. Naghii MR, Samman S. The role of boron in nutrition and metabolism. *Prog Food Nutr Sci* 1993; 17: 331.
14. Yazici Z, Kaya Y, Baltaci AK, Mogulkoc R, Oztekin E. The effects of boron administration on plasma leptin and lactate levels in ovariectomized rats which had acute swimming exercise. *Neuro Endocrinol Lett* 2008;29(1):173-7.
15. Yazici Z, Baltaci AK, Mogulkoc R, Halifeoglu I, Kaya Y. Effect of boron supplementation on plasma element distribution in ovariectomized rats subjected to acute swimming exercise. *Bratisl Lek Listy* 2011;112(6):323-6.
16. Resina A, Gatteschi L, Rubenni MG, Giamberardino MA, Imreh F. Comparison of some serum copper parameters in trained professional soccer players and control subjects. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31(3):413-6.
17. Rankinen T, Fogelholm M, Kujala U, Rauramaa R, Uusitupa M. Dietary intake and nutritional status of athletic and nonathletic children in early puberty. *Int J Sport Nutr* 1995; 5(2):136-50.
18. Marrella M, Guerrini F, Solero PL, Tregnaighi PL, Schena F, Velo GP. Blood copper and zinc changes in runners after a marathon. *J Trace Elem Electrolytes Health Dis* 1993;7(4):248-50.
19. Bicer M, Akil M, Sivrikaya A, Kara E, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effect of zinc supplementation on the distribution of various elements in the serum of diabetic rats subjected to an acute swimming exercise. *J Physiol Biochem* 2011;67(4):511-7.
20. Gupta AD, Dhundasi SA, Ambekar JG, Das KK. Effect of l-ascorbic acid on antioxidant defense system in testes of albino rats exposed to nickel sulfate. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 2007;18(4):255-66.
21. Akil M, Gurbuz U, Bicer M, Sivrikaya A, Mogulkoc R, Baltaci AK. Effect of selenium supplementation on lipid peroxidation, antioxidant enzymes, and lactate levels in rats immediately after acute swimming exercise. *Biol Trace Elem Res* 2011;142(3):651-9.
22. Grant S, McMillan K, Newell J, Wood L, Keatley S, Simpson D, Leslie K, Fairlie-Clark, S. Reproducibility of the blood lactate threshold, 4 mmol.l(-1) marker, heart rate and ratings of perceived exertion during incremental treadmill exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2002; 87, 159-66.
23. Thomson CD. Assessment of requirements for selenium and adequacy of selenium status: a review. *Eur J Clin Nutr* 2004; 58, 391-402.
24. İpek H. Molibden. *YYÜ Vet Fak Derg* 2003;14(1):73-6.
25. Bicer M, Akil M, Sivrikaya A, Kara E, Baltaci AK, Mogulkoc R. Effect of zinc supplementation on the distribution of various elements in the serum of diabetic rats subjected to an acute swimming exercise. *J Physiol Biochem*

2011;67(4):511-7.

26. Frentsos JA, Baer JT. Increased energy and nutrient intake during training and competition improves elite triathletes' endurance performance. *Int J Sport Nutr* 1997;7(1):61-71.
27. Lukaski HC. Magnesium, zinc, and chromium nutriture and physical activity. *Am J Clin Nutr* 2000;72(2 Suppl):585-93.
28. Baltaci SB, Mogulkoc R, Baltaci AK, Emsen A, Artac H. The effect of zinc and melatonin supplementation on immunity parameters in breast cancer induced by DMBA in rats. *Arch Physiol Biochem* 2018;124(3):247-252.
29. Baltaci AK, Yuce K. Zinc Transporter Proteins. *Neurochem Res* 2018;43(3):517-30.
30. Baltaci AK, Yuce K, Mogulkoc R. Zinc Metabolism and Metallothioneins. *Biol Trace Elem Res* 2018;183(1):22-31.
31. Clancy SP, Clarkson PM, DeCheke ME, Nosaka K, Freedson PS, Cunningham JJ, Valentine B. Effects of chromium picolinate supplementation on body composition, strength, and urinary chromium loss in football players. *Int J Sport Nutr* 1994;4(2):142-53.
32. Rodríguez Tuya I, Pinilla Gil E, Maynar Mariño M, García-Moncó Carra RM, Sánchez Misiego A. Evaluation of the influence of physical activity on the plasma concentrations of several trace metals. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996; 73(3-4):299-303.